

自律移動ロボットにおける移動障害物の回避に関する研究

日大生産工(院) ○袁 野 日大生産工 矢澤 翔大
 日大生産工 内田 暁
 日大生産工 黒岩 孝

1. まえがき

近年、少子高齢化に伴い国内での労働力不足は大きな社会問題になりつつある。その解決策として、労働者の代わりに人間と共生しながら作業できるロボットが注目されている。特に、事前に移動コースを設置する必要がなく、オペレーターの操作も不要な自律移動できるロボットに大きな期待が寄せられている。その様なロボットには、現在地から目的地まで障害物に接触することなく移動できることが求められるが、工場や倉庫などの屋内では、構造物や什器などの静的障害物の他に、人間や台車など、ロボットの周辺で予期しない動きをする動的障害物が存在するため、ロボット周囲の状況を常時把握しながらリアルタイムに移動経路を算出する必要がある。現在地から目的地までの経路を求めるアルゴリズムとして、走行可能経路をグリッドマップで表し、最短経路を求めるマップで表し、最短経路を求める A*探索法や、ポテンシャル場を用いる方法などがよく知られており、後者の方が計算コストは低いとされているため、リアルタイムでの処理が期待できる。そこで本研究では、自律移動ロボットの周囲にある複数の動的障害物の位置情報からポテンシャル場を求めることで、それらを回避できる様な経路を得られるか検討する。

2. 解析方法

ここでは、仮想的に目的地から受ける引力と障害物から受ける斥力を考え、次式の様なポテンシャル場の分布 $p(r)$ を求めることで、自律移動ロボットの移動経路を算出する。

$$p(r) = \sum_{i=1}^N A_i \exp \left\{ -\frac{(r - \mu_i)^2}{2\sigma_i^2} \right\} \quad (1)$$

ただしポテンシャル場の分布 $p(r)$ はガウス関数と仮定し、 r は平面上の座標、 μ_i は障害物や目的地の位置を示す座標、 A_i および σ_i は定数である。また、 A_i の符号については、障害物の場合を正、目的地の場合を負とした。Fig.1 に、経路生成の解析例を示す。ここでは、四方

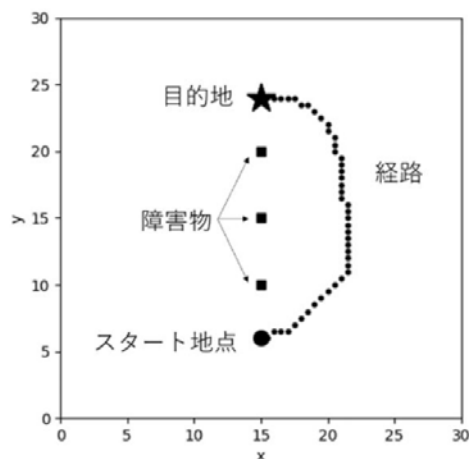


Fig.1 経路生成の例

を壁に囲まれた閉鎖空間を想定して自律移動ロボットの経路生成を行った。簡単のためにスタート地点と目的地は中心軸上に配置し、その間に3つの障害物を配置する。ここで障害物はいずれもx方向に周期的な移動を行うと仮定し、中央の障害物の上下にある障害物はそれぞれ異なる方向に移動するものとした。また、自律移動ロボットおよび障害物の形状は考慮せず、それぞれの重心位置を座標として扱う。ここで同図中の実線はポテンシャル関数から求めた経路を示している。

3. 結果

Fig.2は、前述の方法で3つの障害物を動かした場合における、自律移動ロボットの経路生成の様子を示す。同図(a)～(c)は、自律移動ロボットがスタート直後、移動の中盤、目的地付近で生成された移動経路をそれぞれ示す。いずれの場合も自律移動ロボットは目的地を目指す経路で移動していることがわかる。また、3つの障害物がそれぞれ異なる方向に動くため、生成される経路は障害物の動きに応じて変化していることもわかる。同図(a)に示した結果では、ポテンシャル場が比較的静的であるため、自律移動ロボットは目的地へ向かってほぼ直

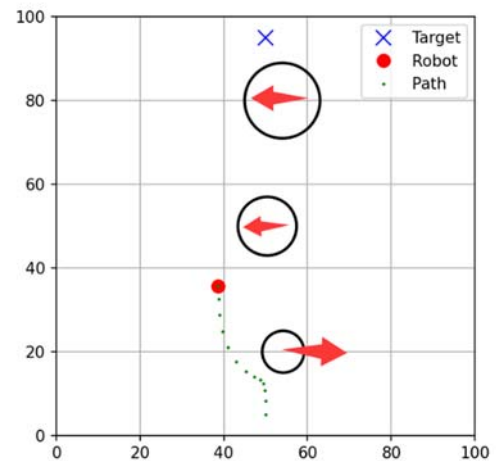
進していることがわかる。同図(b)の結果では一番下の障害物が右に移動しており、自律移動ロボットの移動には支障はないため周辺の経路に変化は見られない。その一方で他二つの障害物は左に移動しているため、回避のために左側に膨らんだ経路が生成されていることがわかる。またこのとき、障害物の移動によって一時的に通れない部分が生じるものの、周囲のポテンシャルの低い方向を選ぶことで、自律移動ロボットが障害物を回避できるような経路が求まることを確認している。また、同図(c)は、自律移動ロボットが目的地周辺に到達する時点での結果で、一番上の障害物を回避するため壁付近まで移動した後、目的地を目指すような経路の生成が確認できる。このとき障害物同士の距離が近いときには、ポテンシャル場が重なり合うため経路が曲がりやすくなるが、自律移動ロボットはその様な状況にも対応することを確認している。これらのことから、3つの障害物が同時に動く状況においても自律移動ロボットは衝突を回避しながら目的地に到達できることが分かった。一方で、経路の形状は障害物の速度や移動方向に強く影響されることも確認しており、今後検討する必要があると思われる。

4. まとめ

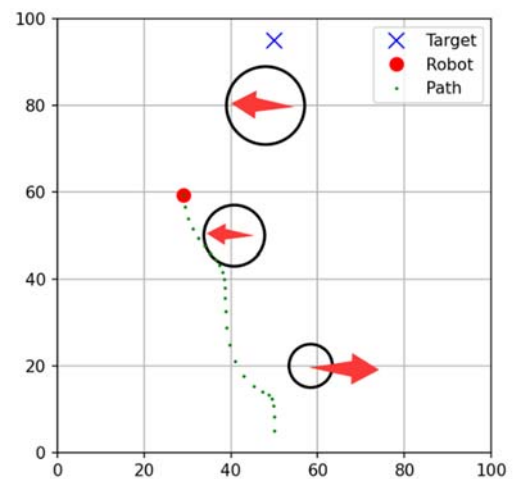
ここでは、自律移動ロボットの周囲にある複数の動的障害物の位置情報からポテンシャル場を求めることで、それらを回避できる経路を得られるか検討した結果、障害物がそれぞれ同時に動く場合でも、自律移動ロボットが衝突を回避しながら目的地に到達できる経路を求められる可能性のあることが分かった。今後は、より詳細な検討を行う予定である。

参考文献

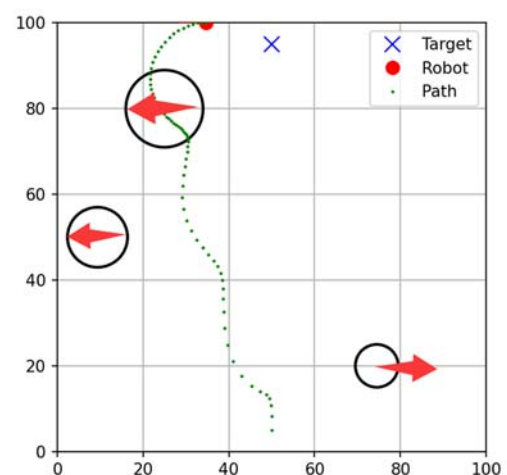
- 1) P.E.Hart,N.J.Nilsson and B.Raphael:"A formal basis for the heuristic determination of minimum cost paths",IEEE Trans.on SSC, pp.100-107 (1968)
- 2) Y. Koren; J. Borenstein:"Potential field methods and their inherent limitations for mobile robot navigation",1991 IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp.9-11 (1991)



(a) スタート直後



(b) 移動の中盤



(c) 目的地付近

Fig.2 経路生成の様子